

## **Bóvedas de madera y construcción naval: Mitos y verdades de la construcción de bóvedas de madera castellanas entre los siglos XVII y XVIII.**

**Pedro Hurtado-Valdez**

MSc.Arqº, ICOMOS Perú

(Lima, Perú)

[alarife68@yahoo.it](mailto:alarife68@yahoo.it)



**Palabras clave** – Bóveda, arco, camón

**Keywords** – Vault, arch, plank

### **RESUMEN**

A menudo se piensa que la génesis de las bóvedas de madera en España y en Hispanoamérica tuvo sus antecedentes en la construcción de navíos en las regiones vascas, y en la experiencia naval de algunos tratadistas de los siglos precedentes. Bajo esta premisa el elemento de la construcción naval que se suele homologar a los arcos de una bóveda de madera es la cuaderna.

Por otro lado muchos de los maestros constructores que edificaron o escribieron sobre bóvedas de madera eran también entendidos en la construcción con fábrica. Testimonio de esto son los tratados de De L'Orme o San Nicolás, donde ambos muestran una amplia experiencia tanto en construcción de armaduras de madera como en arcos y bóvedas de fábrica.

La presente ponencia hace un análisis de las técnicas de construcción de bóvedas de madera en Castilla durante los siglos XVII y XVIII comparandolas con las técnicas navales coetáneas, con el fin de establecer hasta que punto las bóvedas de madera deben su aparición a la construcción naval o es realmente fruto de una labor independiente nacida de las manos de los constructores de bóvedas de fábrica.

### **ABSTRACT**

It is often thought that the genesis of wooden vaults in Spain and Latin America had its antecedents in the construction of ships in the Basque regions, and naval experience of some writers of previous centuries. Under this assumption the shipbuilding element that is usually compared with an arch built with timber planks is the wooden rib of the ships.

On the other hand many of the master builders who had built or written on wooden vaults were also skilled in masonry building. Testimony to this is the treated by De L'Orme or San Nicolas, which both showed a wide experience in construction of wooden structures and masonry vaults.

This paper provides an analysis of the construction techniques of wooden vaults in Castile during the seventeenth and eighteenth centuries, comparing them with the contemporary naval techniques, in order to establish if the wooden vaults owe their appearance to shipbuilding or it was the result of independent work born from the hands of the builders of masonry vaults.

## 1. La confección de cuadernas entre los siglos XVII y XVIII

En gran medida la atribución de influencias de la construcción naval con el desarrollo de las bóvedas de madera se plantea en función de la aparente relación formal de barcos y bóvedas. Así el elemento de madera dentro de la construcción naval que se suele hermanar por su forma curva con los arcos para la construcción de bóvedas es la cuaderna.

Debido a que la madera tiene su máxima resistencia y elasticidad en la dirección de las fibras, la selección de la madera a utilizarse en las cuadernas (como también en otras piezas estructurales de directriz curva) se realizaba buscando troncos con curvados naturales, ya sea por efecto del viento, de la pendiente del suelo o de la pérdida temprana de la guía. Así se obtenían piezas cuya dirección principal coincidiera con la de las fibras de la madera. En este caso, el carpintero de ribera visitaba los montes vecinos para seleccionar la madera más adecuada a la forma que tendría la cuaderna (Juan-García 2001, 22).

Cuando no era posible contar con piezas con las curvaturas necesarias, se buscaban robustos troncos para desbastarlos y darles un perfil curvo. No obstante el curvado de las piezas por rebaje de la escuadría planteaba el riesgo de debilitarlas, al cortar demasiado las fibras de la madera que no llegaban de un extremo al otro de la pieza. Por tanto era necesario usar escuadrías gruesas y pesadas encareciendo el trabajo.

Los métodos para la construcción de barcos en España variaron mucho durante los siglos XVII y XVIII, porque hasta 1715 los buques se construían mediante el sistema de “ligazones superpuestas” o varenga-genol. Es decir, a partir de una estructura básica que recibía el nombre de fiador (quilla de la embarcación), se colocaban transversalmente las ligazones, que eran gruesos maderos curvos de dimensiones variables (Fig. 1a). Las ligazones se unían mediante espigas pasantes de madera y encuentro a cola de milano (Fig. 1b). El cerramiento se producía por medio de un doble o triple forro de tablas que confinaba las ligazones.

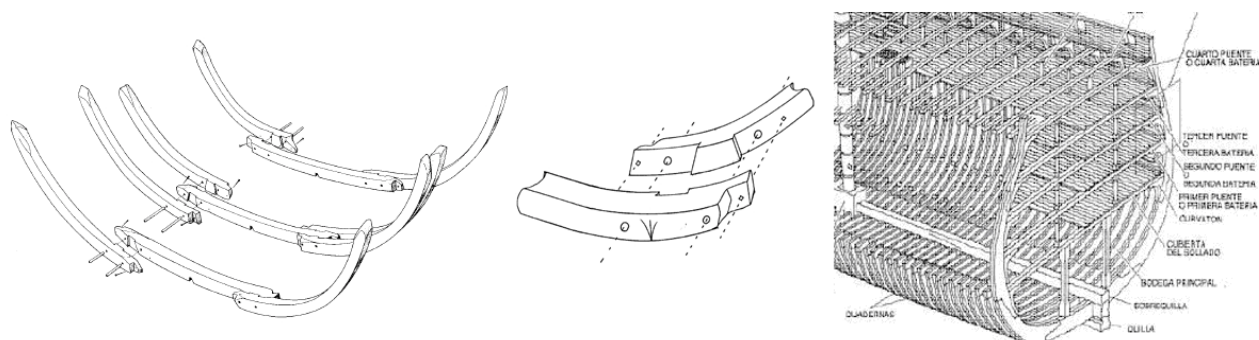


Figura 1 - Métodos construcción de navíos: a) con ligazones, usadas hasta 1715 (Grenier 2001); b) unión de las ligazones con cola de milano (Loewen 2001); c) por cuadernas conformadas por camones (Harbron, s.f.)

Esta forma de construcción naval presentaba inconvenientes como era el desperdicio de material en la labra de la curva, el sobredimensionamiento de la estructura, la dificultad de emplear técnicas de producción en serie y la arbitrariedad en la definición de la geometría del barco, ya que ésta se encontraba condicionada por el sistema constructivo (Apestegui 1992, 240-241). El sistema de ligazones se comenzará a modificar por la introducción en 1730 de las técnicas constructivas francesas “por cuadernas sencillas”, aunque inicialmente sólo para el trazado de las cuadernas extremas.

No será hasta 1751 después de las Juntas de Cádiz, cuando a iniciativa del Marqués de La Ensenada se comienza a utilizar la técnica inglesa de “cuadernas dobles” realizadas con tablas solapadas en forma de largos camones, produciéndose una ruptura total con el sistema constructivo del siglo XVII tanto en el trazado como en la disposición de la estructura (Fig. 1c).<sup>1</sup> El criterio de formar cuadernas a partir de varias piezas obedecía a la necesidad de conseguir que cada elemento respete el sentido de la fibra de la madera y por tanto se obtenga su mejor resistencia, cosa difícil de lograr con la cuaderna sencilla, formada con piezas de fuerte curvatura.

El nuevo sistema partía de la premisa que la geometría era la que condicionaba la técnica constructiva, siendo las cuadernas labradas completamente en el suelo a partir de piezas pequeñas y luego ensambladas. El sistema “por cuadernas” también presentaba ventajas en

ahorro de madera, al posibilitar el empleo de recortes y restos de material. Sólo a partir de este momento la elaboración de elementos curvos de madera en la construcción naval empieza a asemejar a las características de las bóvedas de madera, específicamente de las encamonadas, aunque los encuentros de los largos camones de las cuadernas no se realizaban a testa como en el caso de los arcos de las bóvedas sino con un trazo poligonal.

## 2. Gremio de carpinteros y construcción naval

Elemento importante para entender la dificultad que implicaba que los maestros dedicados a la “carpintería de lo blanco” pudieran haberse desempeñado también en la “carpintería de ribera” o viceversa resultan las relaciones laborales establecidas en España y gestionadas por los gremios. En la península Ibérica los constructores actuaban en un ambiente laboral ceñido por ordenanzas y actividades gremiales caracterizadas por su celo profesional. Por tanto era difícil para un alarife dedicarse a construir armaduras de cubiertas y al mismo tiempo embarcaciones sin la obtención de la carta de examen expedida por los gremios respectivos, y que lo facultaba para contratar solamente en el rubro del oficio de acuerdo a las habilidades y conocimientos demostrados.<sup>2</sup>

Así el examinado podía conseguir el reconocimiento como maestro de carpintería de ribera - calafate (construcción naval), maestro de carpintería de lo prieto (obra industrial), maestro de carpintería de tienda de dentro (ebanistería), maestro de carpintería violero (instrumentos musicales), maestro de carpintería entallador (retablos) y maestro de carpintería de lo blanco o tienda de afuera (obra civil). Este último se dividía, de acuerdo a su complejidad, en geométrico (el grado más alto capaz de trazar una media naranja en lazo lefe o rueda de diez), lacero (grado intermedio capaz de ejecutar armaduras con lazos) y constructor (aquellos que sólo conocían el modo de realizar armaduras para forjados o cubiertas).

Se debe considerar que el abastecimiento de madera no era libre sino que estaba controlado en régimen de monopolio por el gremio, el cual autorizaba su venta únicamente a sus miembros (Albardonedo 2000, 5). Asimismo el argumento expuesto por los principales tratados españoles sobre embarcaciones, entre los siglos XVII y XVIII, con los de arquitectura y carpintería de la misma época no muestran sitios en comunes en cuanto a los autores. Aquellos que escribían sobre embarcaciones generalmente no lo hacían sobre arquitectura. Sólo a partir del siglo XIX se comienzan a encontrar en España tratados que tocan conjuntamente estos dos temas.<sup>3</sup>

Por otro lado desde el siglo XVI la organización interna de la construcción de navíos se encontraba profundamente jerarquizada en España. La maestranza empleada en las obras navales estaba integrada por carpinteros de ribera (para la estructura), carpinteros de tienda de dentro (para el equipamiento interior) y calafates (para la impermeabilización). Junto a ellos colaboraron oficios diversos como lo eran claveteros, ancoreros, toneleros, maestros de jarcias, bueyerizos, aserradores, entabladores, acheros, canteros, entre otros. Incluso los oficiales de carpintería de ribera eran contratados para dos actividades diversas, unos debían dedicarse a las faenas propias de los astilleros navales, con sus consiguientes subniveles de especialización, y otros debían recorrer los bosques en búsqueda de la madera necesaria para las obras (Fig. 2b).

Un entorno laboral con estas particularidades no dejaba mucho margen de maniobra para aplicar a otras esferas de la carpintería distinta de aquellas en las que había sido instruido el carpintero, toda vez que la construcción naval planteaba su propio conjunto de reglas y sistemas constructivos para obtener los elementos del armado de un buque. Estos respondían a exigencias funcionales motivadas por las cargas producidas durante el desplazamiento de la embarcación en el agua como son la resistencia lateral a la presión hídrica, los efectos del viento en el casco y mástiles, la estabilidad ante el cabeceo y el desarrollo de las piezas curvas con uniones estancas. Es decir que las condicionantes que el carpintero de ribera debía de tener presente para la construcción de un navío planteaba objetivos muy diversos de las necesidades proyectuales para la ejecución de la bóveda de una iglesia, además que se le exigía conocimientos de calafateo.<sup>4</sup>

Durante el siglo XVIII la frenética construcción de embarcaciones en España, para remozar la menguada flota existente, significó recurrir constantemente a mano de obra experta y cualificada, incluso procedente de Francia y posteriormente de Inglaterra. La intensa producción de navíos congregaba a todos los carpinteros navales disponibles, siendo habitual desplazar a muchos carpinteros de ribera vascos hacia la zona de Santander. Por tanto los carpinteros de ribera

sumidos en las arduas labores de los astilleros difícilmente hubiesen contado con tiempo para dedicarse a levantar bóvedas de iglesias.<sup>5</sup>

### 3. Bóvedas de madera y el curvado de piezas de gran longitud.

Los arcos para las bóvedas de madera se obtenían a partir de grandes escuadrías dotadas de un perfil curvo labrada con rebajes a golpe de azuela. Para salvar las grandes luces de las iglesias se realizaban arcos compuestos por dos o más piezas, uniones que se efectuaban con ensambles de «pico de flauta» o «rayo de Júpiter», las cuales por el contrario no se solían aplicar a las cuadernas de las embarcaciones.

Otro método consistía en el uso del calor para producir el curvado de las costillas (Fig. 2a). La madera al estar formada por fibras de polímeros celulósicos rígidos dentro de una matriz de lignina y hemicelulosa tiende a tener un comportamiento particular en presencia de calor.<sup>6</sup> Cuando a una pieza de madera se le somete a flexión, la zona neutra se localiza en la parte central, pero si la madera se encuentra a una temperatura de 100°C durante el esfuerzo a flexión esta zona neutra se desplaza hacia el lugar traccionado (Araya 2005, 15). Basado en este principio, el curvado de la madera se produce mediante la adición de calor, comprimiendo los extremos (no sobrepasando el límite de rotura a compresión de la madera) y colocando en la zona traccionada un molde con la forma de la curva deseada dejando posteriormente enfriar.<sup>7</sup>

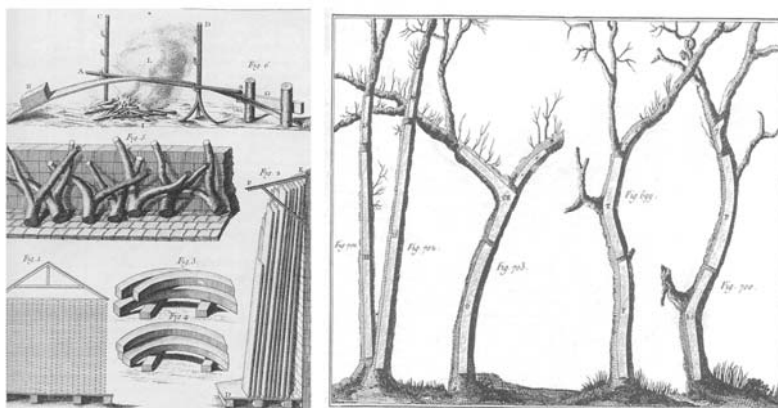


Figura 2 - Métodos de curvado de la madera según su empleo: a) con aplicación de calor para bóvedas (Centre des Monuments Nationaux 2002, 45); b) por selección de la forma natural de los troncos para las embarcaciones (De la Encyclopedie Methodique Marine. Juan García 2001, 22)

Los “zeru” o bóvedas de madera de las iglesias vascas posiblemente utilizaron ambos sistemas por la presencia todavía en el siglo XVI de extensas áreas boscosas de donde extraer troncos de grandes dimensiones tanto en longitud como en sección, con escuadrías que llegaban al medio metro (Ayerza et al. 1996, 69). Aparentemente los constructores vascos al disponer de tan preciados recursos no tuvieron la necesidad de hechar mano a otras alternativas, como por ejemplo del sistema de empalmes de tabla propuesto por Philibert De L’Orme en 1561.<sup>8</sup>

### 4. Bóvedas de madera en las regiones vascas.

El primer tipo de bóvedas de madera que se construye en España es aquel que denominamos de “costillas”. Estas bóvedas tuvieron una notable presencia en las iglesias de las provincias vascas de Araba, Vizcaya y Guipúzcoa y presentaban dos variantes básicas.<sup>9</sup> La primera organizaba la estructura a partir de arcos fajones de madera, como si fuesen unos pares curvos que se unían en la parte alta a una hilera por medio de unos cogotes macizos que actuaban como claves, disponiéndose los pares curvos longitudinalmente sobre un eje horizontal (Fig. 3a). La bóveda de la ermita de San Lorenzo de Oserimendi en Vizcaya, construida alrededor de 1550, constituye un notable ejemplo de esta tipología.

Los cogotes-claves no solo servían como elemento de unión tanto de la hilera como de los pares curvos, sino que permitía la sujeción de la bóveda con la verdadera armadura que formaba la cubierta y que se encontraba escondido en el extradós de la bóveda. Asimismo la hilera, a pesar

de mostrarse como un nervio longitudinal que recorría en forma continua toda la bóveda, estaba realmente formada por diversas piezas que se unían en las claves mencionadas y servía, conjuntamente con los pares, de apoyo al entablado que actuaba como plementería.

El segundo tipo de bóveda de «costillas» y la más extendida era la de nervaduras, que buscaba asemejarse formalmente a las bóvedas de crucería, con la disposición de las costillas sobre un eje vertical, según el trazado propio de arcos cruceros, formeros y terceletes, los cuales se unían en unas claves también de madera (Fig. 3b). Los listones que hacían de plementería se colocaban paralelamente entre ellas, con uniones a media madera y clavadas sobre el trasdós de las costillas. Las bóvedas se sujetaban de vigas horizontales ocultas en el trasdós, que se conectaban con las claves de unión, los cuales eran elementos macizos con cajas abiertas para recibir la espiga de cada uno de los arcos. Estos arcos consistían en grandes piezas únicas o en su defecto se formaban con dos piezas en ensamble a pico de flauta, y que nacían de forma conjunta de una base de madera colocada a modo de enjarje sobre los pilares o de los durmientes que recorrían los muros.

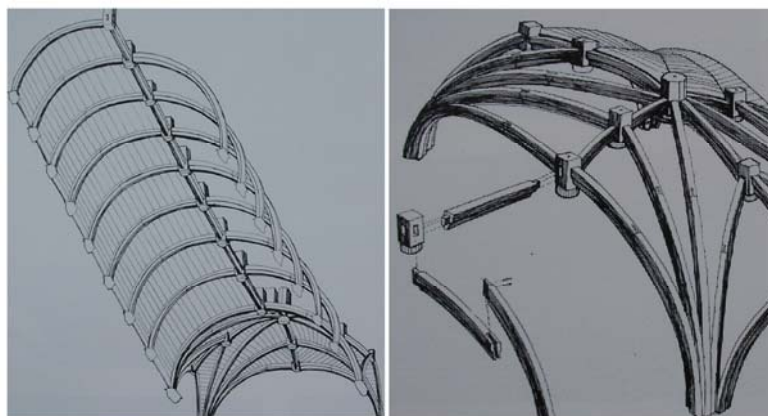


Figura 3 - Métodos construcción de bóvedas en regiones vascas: a) pares curvos e hilera b) con nervaduras (Ayerza et al. 1996.)

## 5. Bóvedas de madera en Castilla.

Entre 1550 a 1555, Philibert De L'Orme formuló la propuesta de una bóveda de madera realizada con camones, que muy posiblemente extrajo de su experiencia como constructor de arcos y bóvedas de fábrica. No obstante aún no se puede determinar categóricamente si influenció directamente a la arquitectura hispana de esta época.<sup>10</sup> La consideración por la que no se podría otorgar una paternidad directa de las bóvedas encamonadas castellanas al planteamiento de De L'Orme no radica tanto en el corte de las piezas de los camones, ya que el sistema francés le dotaba de extradós e intradós mientras el español solo de intradós, si no en la concepción estructural del propio sistema, donde la propuesta de De L'Orme conseguía una bóveda que se auto sostenía (Fig. 4a). Es decir, las bóvedas encamonadas que se hacían en Castilla no tenían una función estructural manifiesta, por estar sujetadas de una estructura superior, mayormente del tirante o los pares con los que se formaba la cubierta sobre las bóvedas, tal como lo explicaba fray Lorenzo de San Nicolás en su tratado sobre construcciones de madera y fábrica de 1639 (Fig. 4b).<sup>11</sup> La técnica de las bóvedas encamonadas habría surgido a partir de la reinterpretación de las cimbras de madera utilizadas en los cerramientos de las bóvedas de fábrica, trasladando una construcción efímera, pero importante, a uno fijo (Villanueva 2005, 2:1105).

La construcción de las bóvedas encamonadas aparte de la economía directa que producía, permitía también un ahorro indirecto en la utilización de material, al eliminar los contrafuertes interiores entre las capillas laterales por la reducción del peso en comparación con las de fábrica, pudiendo también achafanar, en el caso de cúpulas, los cuatro machones o pilastras sobre los que se asentaba la media naranja. Otra consideración a tomarse en cuenta era el cambio de estilos, con la búsqueda de nuevas percepciones espaciales a través del uso de la bóveda en el Barroco. Muchas iglesias españolas que tenían cubiertas de madera de par y nudillo utilizaron la vieja estructura para colgar de ella una bóveda encamonada.



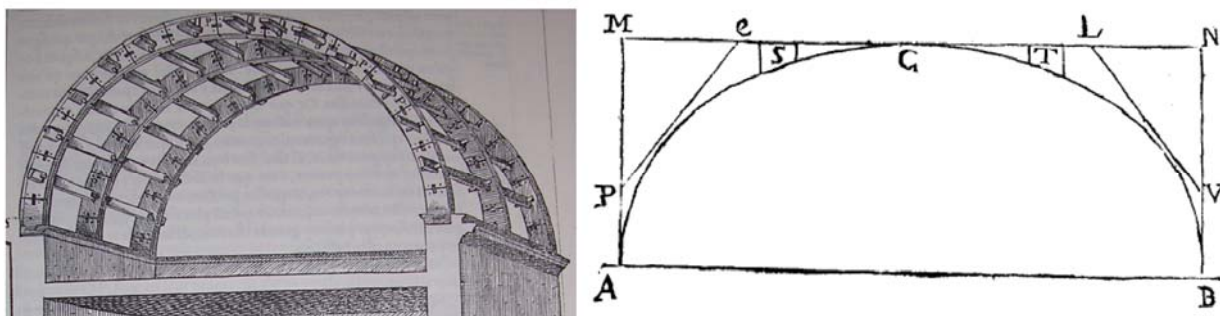


Figura 4 – Arcos con camonadas: a) según Philibert De L'Orme (De L'Orme 1561, f.10); b) según fray Lorenzo de San Nicolás (San Nicolás 1639, f.92.)

Algunos ejemplos de bóvedas encamonadas que aún sobreviven en Madrid lo encontramos en el casón del Buen Retiro cuyo salón de Embajadores cubrió en 1637 Alonso de Carbonell. Su estructura se basa en arcos de camones con uniones a testa, sujetas por una armadura superior de pares y tirantes. Entre los arcos se clavaron por la zona del intradós listones de madera y luego se colocaron cuerdas que pasaban entre dichos listones y que servían para fijar el mortero, base pictórica para la ejecución del fresco con el que luego fue finalizada la obra (Fig. 5a). En la memoria de Francisco Sabatini para la construcción de la Real Aduana de Madrid se mencionaba la construcción de bóvedas cuyos cerramientos se realizaban con listones de madera y cordeles para ayudar a la formación del intradós con yeso. Mientras la bóveda estaría sujeta de un forjado horizontal de madera (Sabatini 1761).

En Alcalá de Henares se tienen evidencias de bóvedas encamonadas en la actual biblioteca de la capilla de Caracciolo, el colegio Trinitarios, el convento de Carmen Calzado y el colegio de Málaga, todos correspondientes al siglo XVIII. En general los arcos de estas bóvedas están formados por camones clavados entre sí por el canto y unidos a testa, sin recortar la curva del extradós, y sujeta por medio de cogotes a vigas de madera que definen la estructura portante, quedando relegados los arcos únicamente a un nivel de conformación espacial (Fig. 5b).



Figura 5 - Bóvedas encamonadas castellanas: a) casón del Buen Retiro en Madrid; b) capilla de Caracciolo en Alcalá de Henares (Hurtado Valdez)

En la iglesia parroquial de Torrija en Guadalajara, también del siglo XVIII, la bóveda está sujeta de dobles vigas de madera en correspondencia con los arcos fajones. Sobre estas vigas se apoyan seis correas longitudinales, en el sentido de la nave, mientras los arcos están colgados de las correas a través de unos cogotes de madera y se conectan a ellas mediante un empalme por muesca aseguradas por clavos (Villanueva 2005, 1107). Finalmente el cerramiento de la bóveda viene dado por tablas clavadas desde el intradós a los arcos. Al igual que en el caso anterior, están distanciadas entre ellas y rodeadas con cordeles para la fijación del revoco de yeso.

En Toledo el teatro Rojas, datado también del siglo XVIII, muestra una concepción constructiva parecida a los casos precedentes, con gruesas vigas horizontales de las que se sujetan las

cerchas de la bóveda mediante cogotes de madera. Como es de esperar los arcos también se forman con camones con perfiles dotados de curvatura únicamente por el lado del intradós.

## 6. Bóvedas encamonadas en Hispanoamérica.

En Hispanoamérica Philippe Lemaire construyó en Córdoba (Argentina) la cubierta de la iglesia de La Compañía de Jesús en 1667, donde se evidencian características constructivas influenciadas por el sistema desarrollado por De L'Orme (Fig. 6a). Cada arco que define la bóveda está realizado con camones de maderas de la especie guatambú amarillo (*Aspidosperma olivaceum*) y algarrobo blanco (*Prosopis alba*), mientras que los de la cúpula son de cedro misionero (*Cedrela fissilis* Vellozo). Estos camones presentan recorte del perfil curvo tanto para el intradós como para el extradós y los arcos se sujetan de los pares de la cubierta. Una característica esencial de las bóvedas de Lemaire es la creación de pre compresiones a través del uso de listones y largas tablas de cerramiento aseguradas con las clavijas en forma de cuñas, que se curvaban durante su colocación, las cuales al tratar de recuperar su forma original presionaban contra los arcos.

Las armaduras abovedadas de este tipo centraron su área de influencia principalmente en la zona de La Plata (Argentina), con ejemplos similares durante los siglos XVII y XVIII en las iglesias jesuitas de San Carlos en Salta (1666) y de Nuestra Señora de los Milagros en Santa Fé (1734), construida por el hermano jesuita José Schimdt,

Otras bóvedas de madera localizadas en la zona del Océano Pacífico se encuentran en las iglesias colombianas de Santa Clara (1785), de San Nicolás de la Candelaria (1702), de San Juan de Dios (1723) y de San Ignacio (1763), todas ellas en la ciudad de Bogotá. El conjunto de estas iglesias presentan bóvedas de madera con una propuesta diversa al tipo que Lemaire introdujo en la región de La Plata, y cuyas características constructivas son más cercanas a las bóvedas encamonadas castellanas. En efecto, estas bóvedas se conforman mayoritariamente con arcos cuyos camones tienen el recorte de la curva solo para el intradós, emplean masivamente los clavos de forja para fijar las uniones y están suspendidas de una armadura de pares y nudillos, que forma la cubierta de los edificios.



Figura 6 – Arcos encamonados para bóvedas en Hispanoamérica: a) según el tipo de De L'Orme en el templo jesuita de Córdoba (Laner 2001, 14); b) según el tipo castellano en la capilla de la Virgen de Loreto de Lima (Hurtado Valdez)

El sistema constructivo de la bóveda encamonada suspendida constituyó la experiencia básica del empleo de bóvedas de madera en el Virreinato del Perú durante el siglo XVII. El número de bóvedas edificadas con estas características se concentra principalmente en la ciudad de Lima, como es el caso de la capilla del Tribunal del Santo Oficio, edificada en 1665, y de la iglesia de La Veracruz dentro del convento de Santo Domingo, levantada en 1666. Otras bóvedas que presentan similares características pertenecen a la sala capitular y a la escalera principal del convento de Santo Domingo, además de la capilla de la Virgen de Loreto dentro de la Universidad Mayor de San Marcos en Lima (Fig. 6b). Esta clase de bóveda ancla sus raíces directamente en las bóvedas encamonadas castellanas y se caracteriza porque los arcos están sostenidos por otra armadura, compuesta por las vigas de un forjado o por los pares de una cubierta. Por el modo de su disposición en el conjunto de la estructura los arcos no colaboran en la descarga del peso de los forjados ni generan empujes laterales, porque estos arcos vienen utilizados únicamente para

definir espacialmente el ambiente a cubrir. Es la estructura superior la que descarga el peso del forjado o de la cubierta en forma vertical hacia los muros o pies derechos.

Habrá que esperar hasta 1675 con la construcción de la bóveda de madera de la iglesia de San Francisco en Lima cuando se define un paso adelante en la evolución de las bóvedas de madera en Sudamérica, haciendo las bóvedas autoportantes. En este tipo de bóveda interesa mostrar también la volumetría exterior que adquiere la edificación, por lo que se debía proceder al doble recorte del perfil de los camones dotándolos de extradós e intrados (Fig. 7a). El cerramiento se produce por medio de cañas atadas y clavadas, bajo las cuales se fijará un revoco de yeso para el intradós y un recubrimiento de tierra en el extradós. Aquí se generan empujes laterales que serán recibidos por los encadenados que transmit n dichos esfuerzos a los muros. Además se introduce un nuevo elemento constituido por los rellenos de adobe en la zona de los arranques, el cual buscaba verticalizar la resultante de los empujes (Fig. 7b).

Los arcos se construían a partir de camones de cedro (*Cedrela odorata L.*) o roble (*Quercus rubra L.*), colocados alternados por su cara, con uniones a testa y clavados. A veces también se usaban cintas de piel para atar los camones, las cuales se colocaban húmedas y al secar producían una mayor presión entre camones por retracción del material. Todo este criterio constructivo se alejaba del planteamiento de la cuaderna de una embarcación.



Figura 7 - a) desarrollo de los camones en el arco; b) muro de adobe dentro de la estructura del arco de madera (Hurtado Valdez)

## 7. Conclusiones

Las características constructivas de embarcaciones y de cubiertas de iglesias obedecían a criterios diferentes evidenciados en los sistemas de uniones, en el recorte de los elementos para la formación de cuadernas y arcos encamonados, y en el cerramiento de la estructura. A nivel de los artífices que laboraban en la construcción civil y en los astilleros navales se puede decir que difícilmente el gremio de carpinteros hubiese permitido la mezcla de los trabajos. La bibliografía de aquella época tampoco guarda relación entre los tratados sobre arquitectura y los de construcción naval, mientras que los constructores civiles que levantaban bóvedas de madera coincidentemente tenían un bagaje de experiencia con bóvedas de fábricas y del cimbrado de las mismas.

## Referencias Bibliográficas

- Albardonedo Freire, Antonio José. (2000). "Fuentes legales sobre construcción: las Ordenan as de Sevilla (1527)". En *Actas del Tercer Congreso Nacional de la Historia de la Construcción*, vol.1, pp.1-12. Madrid: Instituto Juan de Herrera.
- Apestegui Cardenal, Cruz. (1992). "Aproximación a la vida y obra de Antonio de Gazta eta". En *Antonio de Gazta eta 1656-1728*. San Sebastián: Museo Naval, Diputación de Guipúzcoa.
- Araya López, Martín. (2005). "*Determinación de características de curvado de madera sólida para las especies Nothofagus pumilio y Laurelia philippiana*". Tesis de licenciatura. Santiago de Chile: Universidad Tecnológica Metropolitana, Facultad de Ingeniería, Escuela de Industria de la Madera.
- Ayerza, Ramón; Barrio, José Angel; G mez, Javier y Alberto Santana. (1996). "*Ars Ligneae. Las iglesias de madera en el País Vasco*". Madrid: S. E. Electa Espa a S.A.
- Centre des Monuments Nationaux. (2002). "*Cahiers du Patrimoine. Les charpentes du Xle au XIXe siècle. Typologie et évolution en France du Nord et en Belgique*". Paris: Monum,  ditions du patrimoine.



- De L'Orme, Philibert. (1561). "Traité d'architecture: Nouvelles Inventions pour bien bastir et à petits fraiz. Premier Tome de l'Architecture". Paris: facs. Ed. Paris: Léonce Laget, Libraire-Éditeur, 1988.
- García López, Marcelino. (1879). "*Manual del carpintero y ebanista, ó carpintería de armar, de talleres y de muebles*". Madrid: Librería de Cuesta.
- Gordon, J.E. (2004). "*Estructuras o porqué las cosas no se caen*". Madrid: Calamar Ediciones
- Grenier, Robert. (2001). "The basque whaling slip from Red Bay, Labrador: a treasure trove of data on Iberian atlantic shipbuilding and techniques in the mid-16th century". En *Proceedings Internacional Symposium on Archaeology of Medieval and Modern Ships of Iberian – Atlantic Tradition. Hull remains, manuscripts and ethnographic sources: a comparative approach*, pp.269-293. Lisboa: Centro Nacional de Arqueología Náutica e Subaquática / Academia de Marinha. Francisco Alves, ed.
- Harbron, Jhon D. s.f. "El navío de línea español". Barcelona: Museo Marítimo de la Diputación de Barcelona.
- Juan-García Aguado, Jose María de. (2001). "*La carpintería de ribera en Galicia (1940-2000)*". A Coruña: Universidade da Coruña.
- Laner, Franco. (2001). "Mettere in forza, la chiesa della Compagnia di Gesù a Cordoba". En *Adrastea* 18, pp.4-17. Edolo: Habitat legno s.p.a.
- Lynch, John. (2007). "*Historia de España. El imperio colonial y el fin de los Austrias. Los primeros Borbones*". Madrid: El País S.L., Vol.14.
- Odriozola Oyarbide, Lourdes. (1998). "La construcción naval en Gipuzkoa. Siglos XVI-XVIII". En *Revista de Estudios Marítimos del País Vasco* 2, Noviembre – Diciembre, pp.93-146. San Sebastián: Untzi Museoa – Museo Naval.
- Sabatini, Francisco. (1761). "*Condiciones y Methodo para executar por assiento la Real Obra de Aduana, Directoria de Tabacos y Rentas Generales y Provinciales, que se va a construir de orden de S.M. en la calle de Alcalá de esta Corte*".
- San Nicolás, Fray Laurencio de. (1639). "*Arte y Uso de Arquitectura*". Madrid: s.i., facs. Ed. Madrid: Albatros, 1989, Segunda Parte.
- Torija, Juan de. (1661). "*Breve Tratado de todo Género de bobedas. Así Regulares como yrregulares execucion de obrarlas y Medirlas con singularidad y Modo Moderno observando los preceptos Canteriles de los Maestros de Architectura*". Madrid: Pablo de Val.
- Villanueva Domínguez, Luis de. (2005). "Bóvedas de madera". En *Actas del Cuarto Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, vol.2, pp.1103-1113. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

## Notas

- 1- Durante el siglo XVII la construcción naval española se encontraba en crisis. Esta situación recién cambiará en el siglo XVIII una vez terminada la guerra de Sucesión, cuando Alberoni impulsa la creación de la Real Armada y la reconstrucción del sistema naval español (Lynch 2007, 14: 108). Las características del sistema constructivo empleado en España hasta finales del siglo XVII se consignan en los planos del manuscrito «Arte de fábricas Reales» de Antonio de Gaztañeda de 1688. En el Museo Naval de Madrid se exhibe un modelo basado en este manuscrito, donde se ve el tipo constructivo previo al sistema inglés, correspondiente al galeón de 90 cañones llamado Nuestra Señora de la Concepción y de las Ánimas, Capitana del Mar Océano, terminada su construcción en 1705, aún sin el uso del sistema encamonado por cuadernas.
- 2- A pesar que entre los siglos XVI al XVIII aparecieron diversos tratados de "carpintería de lo blanco" los conocimientos ligados a ellos eran adquiridos generalmente a través de un largo proceso de trabajo como aprendiz bajo la tutela de un maestro, encontrándose al final inmerso en un determinado campo del trabajo de carpintería.
- 3- Principales tratados realizados en la península Ibérica sobre construcción naval de los siglos XVII y XVIII: João Baptista Lavanha "Liuro Primeiro de Architectura Naval", Tomé Cano "Arte para Fabricar, Fortificar y Aparejar Naos, de Guerra y Merchante", Jacinto Antonio de Echeverri "Discurso sobre la Construcción Naval comparada", Francisco Antonio Garrote "Recopilación para la Nueva Fábrica de Baxeles Españoles", Bernardo Tinajero de la Escalera "De lo que se ha de observar, y regla con que se ha de hacer la fábrica de diez bajeles y dos pataches que S.M. ha resuelto se construyan en el puerto de La Habana", Antonio de Gaztañeta Iturrizalaga "Proporciones de las medidas mas essemptiales para la fabrica de navíos y fragatas de guerra, que puedan montar desde ochenta cañones hasta diez...", Antonio Clariana Gualvez "Reumen Náutico de lo que se practica en el Teatro Naval", Jorge Juan y Santacilia "Examen Marítimo Teórico Práctico o Tratado de Mecánica aplicado a la construcción, conocimiento y manejo de los navíos y demás embarcaciones". Principales tratados españoles sobre arquitectura y carpintería de los siglos XVII y XVIII: Rodrigo Álvarez "Breve compendio de la carpintería y tratado de lo blanco, con algunas cosas tocantes a la lometría y puntas del compás", Diego López de Arenas "Breve compendio de la carpintería de lo blanco y tratado de alarife", Fray Laurencio de San Nicolás "Arte y Uso de Arquitectura", Fray Andrés de San Miguel "Tratado de carpintería", Juan de Torija "Breve Tratado de todo Género de bóvedas. Así Regulares como yrregulares execucion de obrarlas y Medirlas con singularidad y Modo Moderno

observando los preceptos Canteriles...”, Juan Caramuel “Architectura Civil Recta, y Oblicua. Considerada y dibuxada en el Templo de Jerusalén”.

4- Desde el punto de vista estructural el casco de un barco es una especie de viga en celosía y tiende a flechar en sentido negativo, contrariamente a lo que sucede con las bóvedas de madera (Gordon 2004, 211-228). Por otro lado también existían Ordenanzas específicas para los carpinteros de ribera que protegían su campo de actuación, como por ejemplo las Ordenanzas de San Sebastián de 1764.

5- En Guipuzcoa la industria naval fue impulsada por el Estado, la Real Compañía Guipuzcoana de Caracas, la Real Compañía de Las Filipinas comerciantes de hierros vizcaínos, armadores, pescadores y comerciantes de otras zonas del Cantábrico. En Santoña (Santander) se construyeron 15 navíos de línea a partir de 1718. Para su ejecución se envió al Jefe de la Escuadra Carlos Grillo, junto a varios oficiales de la recién creada Real Armada y un importante grupo de carpinteros vascos y franceses. Solamente en Guipuzcoa se construyeron entre los siglos XVI y XVIII 1.027 unidades de diversos tonelajes. (Odriozola 1998, 104). Antonio de Gazteñeta en 1711 da pautas de las duras jornadas en los astilleros de Pasajes: “...trabajan de luz a luz en todo el año, sin distinción de tiempo y sólo se les da una ora para medio día parar a comer, pues a las doze se llama y hasta la una no buelven; y esta Canal de los Passajes, así carpinteros como galafates y marineros en el verano, no se mueben de tierra para hir a bordo hasta que den las seis y a las ocho dadas todos salen en tierra a almorzar, asta las nueve dadas no se mueven, a las doze dadas buelven a comer y hasta la una no se mueben para ir abordo y a las seis de la tarde dejan el trabajo...todos los días que desde que amaneze hasta las seis están trabajando para otro como desde las seis de la tarde hasta anochezer...”. Museo Naval de Madrid. Fondo Vargas Ponce (Serie Arábiga), Ms. 75 bis.

6- La lignina al ser un polímero tridimensional, amorfo, ramificado y termoplástico se ablanda al calentarlo. Debajo de la temperatura de transición vítrea la lignina se encuentra en un estado sólido y sobre esa temperatura el material se vuelve maleable, y al bajar la temperatura se restablece la nueva configuración. De allí que la madera tenga una deformación elástica frente a un esfuerzo a temperatura ambiente, pero cuando la temperatura oscila alrededor de los 100°C su comportamiento es muy diferente, pues la madera se comporta más como un material plástico que como uno elástico.

7- García López en el siglo XIX da una breve explicación en su manual de cómo se realizaba el curvado de la madera en la carpintería de armar en la antigüedad: “Se empieza por labrar la madera en forma rectilínea, sin cortar las fibras de través, dándola la forma y longitud que deban tener las piezas despues de encorvarlas; hecho esto, se colocan las plezas dentro de cajas de palastro en las que se les somete á la accion del vapor de agua...hasta que se reblandecen lo suficiente para dejarse plegar y encorvar sin romperse. Cuando la madera esté bastante reblandecida se adapta dentro de los moldes dispuestos al efecto, los cuales pueden ser tambien de madera y estar formados de dos piezas; la .madera se deja secar lentamente a la sombra, sin sacarla de sus moldes hasta que está bien seca, en cuyo caso ha adquirido tan invariablemente la forma que se trataba de dárles, que para rectificarla seria preciso volverla á someter á la accion del vapor. Estas maderas preparadas de este modo en el sentido de la fibra, no pierden nada de su elasticidad...” (García 1879, 293-294).

8- De L’Orme mencionaba la ventaja que significaba su propuesta en cuanto a la utilización de piezas cortas de madera ante la escasez y el encarecimiento de las grandes escuadrías (De L’Orme 1988 [1561], 1: Cap.III, f.4).

9- Véase la catalogación de las bóvedas de iglesias correspondientes a estas provincias vascas (Ayerza et al. 1996).

10- De L’Orme manifestaba la circulación de su tratado en Europa, incluida España: «...Oltre la renommée qui s’en respandra par nations éstranges, esquelles se portent, comme i’y ay ueu, telles façons de charpenterie par plusieurs hommes qui en ont envoié en Italie, Allemagne, Espagne et plusieurs autres lieux. Ce que ie scay pour en auoir faict et font tous le iours... » (De L’Orme 1988 [1561], 1: Cap.III, 5 f.a). La mención de Juan de Torija sobre la utilización del texto de De L’Orme en la elaboración de su propio tratado confirmaría la presencia de este libro en tierras españolas. Sin embargo el texto de Torija no toca bóvedas de madera, como si lo hace con arcos y bóvedas de cantería (Torija 1661, 73-75).

11- «En Madrid mi patria, Corte del Rey de España, hizo la primera un famoso Arquitecto de la Compañía de Iesus, por nombre el Padre Francisco Bautista, en el Colegio Imperial de su Religión, en su gran fabrica de su iglesia, que por los malos materiales de esta Corte, fue necesario echarla de madera. Yo hize la segunda en mi Convento de Agustinos Descalços, en esta Villa de Madrid, en la Capilla del Desamparo de Christo; la tercera hize en Talavera en la Hermita de Nuestra Señora del Prado, con el resto de su Capilla mayor; y la quarta que tracé, se executó en Salamanca, tambien en mi Convento de Agustinos Descalços, y la executó un famoso Arquitecto, Religioso de mi Religión, que fue discípulo mio, llamado Fray Pedro de San Nicolas» (San Nicolás 1989 [1639], 2: f.189).